

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5577372号
(P5577372)

(45) 発行日 平成26年8月20日 (2014. 8. 20)

(24) 登録日 平成26年7月11日 (2014. 7. 11)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 F 17/30 (2006.01)

G 0 6 F 17/30 1 7 0 B

G 0 6 F 17/30 2 1 0 D

G 0 6 F 17/30 3 5 0 C

請求項の数 9 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2012-78344 (P2012-78344)	(73) 特許権者	399037405
(22) 出願日	平成24年3月29日 (2012. 3. 29)		楽天株式会社
(65) 公開番号	特開2013-206437 (P2013-206437A)		東京都品川区東品川四丁目12番3号
(43) 公開日	平成25年10月7日 (2013. 10. 7)	(74) 代理人	110000154
審査請求日	平成25年12月10日 (2013. 12. 10)		特許業務法人はるか国際特許事務所
早期審査対象出願		(72) 発明者	ジェヴァヒル アリ
			東京都品川区東品川四丁目12番3号 楽
			天株式会社内
		(72) 発明者	鳥居 順次
			群馬県館林市青柳町700番地 ニャロ・
			コンピュータ株式会社内
		審査官	久々宇 篤志
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像検索装置、画像検索方法、プログラムおよびコンピュータ読取り可能な記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するクエリ特徴量取得手段と、

前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、検索対象となる複数の画像毎に予め記憶手段に記憶され、各画像の局所的な特徴を示す複数の画像特徴量から画像特徴量を選択する画像特徴量選択手段と、

前記複数のクエリ特徴量について選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像について各々前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するスコア生成手段と、

前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択する画像選択手段と、を含み、

前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、前記検索対象となる画像につき、当該画像の前記複数の画像特徴量のうち当該クエリ特徴量と異なるクエリ特徴量について選択されていない画像特徴量から多くとも1つの画像特徴量を選択する、

ことを特徴とする画像検索装置。

【請求項 2】

前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、前記検索対象となる画像につき、当該画像の前記複数の画像特徴量のうち当該クエリ特徴量と異なる

クエリ特徴量について選択されていない画像特徴量から多くとも1つの任意の画像特徴量を選択する、

ことを特徴とする請求項1に記載の画像検索装置。

【請求項3】

前記検索対象となる複数の画像の特徴を示す複数の画像特徴量が分類される複数のクラスタのうちから、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応するクラスタを選択するクラスタ選択手段、をさらに含み、

前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、当該クエリ特徴量に対応するクラスタに分類された複数の画像特徴量から画像特徴量を選択する、

ことを特徴とする請求項1または2に記載の画像検索装置。

10

【請求項4】

前記クラスタ選択手段は、前記複数のクラスタをそれぞれ代表する複数の代表特徴量と前記クエリ特徴量との距離に基づいて前記クエリ特徴量に対応するクラスタを選択する、

ことを特徴とする請求項3に記載の画像検索装置。

【請求項5】

前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、当該クエリ特徴量に対応するクラスタに属する複数の画像特徴量から、選択される画像特徴量の数が前記検索対象となる画像につき多くとも1つとなり、かつ、選択される画像特徴量が当該クエリ特徴量と異なるクエリ特徴量について選択されない条件を満たす画像特徴量の全てを選択する、

20

ことを特徴とする請求項3または4に記載の画像検索装置。

【請求項6】

前記検索対象となる画像のそれぞれから画像特徴量を抽出する画像特徴量抽出手段と、前記抽出された画像特徴量の少なくとも一部が分類される前記複数のクラスタを生成するクラスタ生成手段と、をさらに含み、

前記クラスタ生成手段は、あるクラスタに属する画像特徴量のうち前記検索対象となる複数の画像のいずれか1つに対応する画像特徴量の数が所定の値を超えないように前記複数のクラスタを生成する、

ことを特徴とする請求項3から5のいずれかに記載の画像検索装置。

【請求項7】

30

クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するクエリ特徴量取得手段、

前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、検索対象となる複数の画像毎に予め記憶手段に記憶され、各画像の局所的な特徴を示す複数の画像特徴量から画像特徴量を選択する画像特徴量選択手段、

前記複数のクエリ特徴量について選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像について各々前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するスコア生成手段、および、

前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択する画像選択手段、

40

としてコンピュータを機能させ、

前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、前記検索対象となる画像につき、当該画像の前記複数の画像特徴量のうち当該クエリ特徴量と異なるクエリ特徴量について選択されていない画像特徴量から多くとも1つの画像特徴量を選択する、

ことを特徴とするプログラム。

【請求項8】

クエリ特徴量取得手段がクエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するステップと、

画像特徴量選択手段が前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、検索対象となる複

50

数の画像毎に予め記憶手段に記憶され、各画像の局所的な特徴を示す複数の画像特徴量から画像特徴量を選択するステップと、

スコア生成手段が前記複数のクエリ特徴量について選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像について各々前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するステップと、

画像選択手段が前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択するステップと、を含み、

前記画像特徴量を選択するステップでは、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、前記検索対象となる画像につき、当該画像の前記複数の画像特徴量のうち当該クエリ特徴量と異なるクエリ特徴量について選択されていない画像特徴量から多くとも1つの画像特徴量を選択する、

ことを特徴とする画像検索方法。

【請求項9】

クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するクエリ特徴量取得手段、

前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、検索対象となる複数の画像毎に予め記憶手段に記憶され、各画像の局所的な特徴を示す複数の画像特徴量から画像特徴量を選択する画像特徴量選択手段、

前記複数のクエリ特徴量について選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像について各々前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するスコア生成手段、および、

前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択する画像選択手段、

としてコンピュータを機能させるためのプログラムであって、

前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれについて、前記検索対象となる画像につき、当該画像の前記複数の画像特徴量のうち当該クエリ特徴量と異なるクエリ特徴量について選択されていない画像特徴量から多くとも1つの画像特徴量を選択する、

ことを特徴とするプログラムを格納するコンピュータ読取り可能な情報記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は画像検索装置、画像検索方法、プログラムおよびコンピュータ読取り可能な記憶媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

ネットワーク技術等の発達によって、膨大な量の画像ファイルが管理されるようになっている。その大量の画像の中から、クエリとなる画像（クエリ画像）に類似する画像を選び出す画像検索技術がある。画像検索技術の1つとして画像の局所的な特徴を示す局所特徴量を用いるものがあり、また、大量の画像から短いレスポンス時間で類似画像を検索するため、一般的な手法ではクエリ画像との類似の度合いを示すスコアを簡略的に計算している。

【0003】

上述の手法の1つが、B o F (Bag of Features) 法と呼ばれるものである。この手法は、B o W (Bag of Words) 法と呼ばれる文書検索の手法を応用したものである。B o F 法では、検索対象となる画像から抽出される局所特徴量（以下では「画像特徴量」と記す）のそれぞれをB o W 法における単語に相当するV i s u a l W o r d に対応させて記憶しておく。そして、検索をする際にクエリとなる画像から複数の局所特徴量（以下では「クエリ特徴量」と記す）を抽出し、その局所特徴量のそれぞれに対応するV i s u a l W o r d を取得する。そして、そのV i s u a l W o r d の出現頻度を統計的に処理す

10

20

30

40

50

ることで、クエリ画像と検索対象となる画像との類似の度合いを示すスコアを生成し、類似の画像を検索する。

【0004】

特許文献1には、Visual Wordを用いて画像を検索する手法の概要および、画像から抽出される画像特徴量ベクトルとその画像に関連づけられた文章から抽出されるメディア特徴量ベクトルとを結合させて画像を検索する技術が開示されている。

【0005】

特許文献2には、クエリ画像に類似する街並画像を決定する技術が記載されている。その技術では、クエリ画像と街並画像のいずれかとの間で、幾何拘束の条件に基づいて局所特徴量の対応関係を取得する。その対応関係に基づいて、検索結果となる画像を決定して

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-103082号公報

【特許文献2】特開2011-113197号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

B o F法では、一般的には、クエリ特徴量に近い画像特徴量の出現頻度をT F / I D Fにより統計処理することで類似の画像を検索している。すると、検索対象となる画像においてあるクエリ特徴量に近い特徴量の出現頻度(T F)が高く、かつその出現頻度がI D Fの項が十分に機能しない程度である場合に、その画像の類似の尺度となるスコアが高くなってしまふ。例えば、星マークを1つ含むトルコ国旗に類似する画像を検索すると、トルコ国旗を含む画像ではなく、星マークを大量に含むアメリカ星条旗の画像が検索結果として出力されることがある。

20

【0008】

本発明は上記課題を鑑みてなされたものであって、その目的は、クエリ画像から抽出される局所特徴量の数とその局所特徴量に近い検索対象となる画像の局所特徴量の数とが異なる場合に、このような画像が類似の画像として検索されてしまう現象を抑え、検索の精度を向上させる技術を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明にかかる画像検索装置は、クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するクエリ特徴量取得手段と、検索対象となる複数の画像のそれぞれの局所的な特徴を示す画像特徴量から、前記複数のクエリ特徴量のうち1つに対して前記検索対象となる画像につき1つの画像特徴量が選択されるように、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応する画像特徴量を選択する画像特徴量選択手段と、前記複数のクエリ特徴量に対応して選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像のいずれか1つが前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するスコア生成手段と、前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択する画像選択手段と、を含むことを特徴とする。

40

【0010】

また、本発明にかかるプログラムは、クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するクエリ特徴量取得手段、検索対象となる複数の画像のそれぞれの局所的な特徴を示す画像特徴量から、前記複数のクエリ特徴量のうち1つに対して前記検索対象となる画像につき1つの画像特徴量が選択されるように、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応する画像特徴量を選択する画像特徴量選択手段、前記複数のクエリ特徴量に対応して選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像の

50

いずれか1つが前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するスコア生成手段、および、前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択する画像選択手段、としてコンピュータを機能させる。

【0011】

また、本発明にかかる画像検索方法は、クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するステップと、検索対象となる複数の画像のそれぞれの局所的な特徴を示す画像特徴量から、前記複数のクエリ特徴量のうち1つに対して前記検索対象となる画像につき1つの画像特徴量が選択されるように、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応する画像特徴量を選択するステップと、前記複数のクエリ特徴量に対応して選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像のいずれか1つが前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するステップと、前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択するステップと、を含むことを特徴とする。

10

【0012】

また、本発明にかかるコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、クエリとなる画像の局所的な特徴をそれぞれ示す複数のクエリ特徴量を取得するクエリ特徴量取得手段、検索対象となる複数の画像のそれぞれの局所的な特徴を示す画像特徴量から、前記複数のクエリ特徴量のうち1つに対して前記検索対象となる画像につき1つの画像特徴量が選択されるように、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応する画像特徴量を選択する画像特徴量選択手段、前記複数のクエリ特徴量に対応して選択された画像特徴量に基づいて、前記検索対象となる複数の画像のいずれか1つが前記クエリとなる画像に類似する度合いを示すスコアを生成するスコア生成手段、および、前記画像について生成されたスコアに基づいて、前記検索対象となる複数の画像から少なくとも1つの画像を選択する画像選択手段、としてコンピュータを機能させるためのプログラムを格納する。

20

【0013】

本発明によれば、クエリ画像から抽出される局所特徴量に対し、その局所特徴量に近い検索対象となる画像の局所特徴量が多い場合に、この検索対象となる画像が類似の画像として検索されてしまう現象を抑えることができる。

【0014】

30

本発明の一態様では、画像検索装置は、前記検索対象となる複数の画像の特徴を示す複数の画像特徴量が分類される複数のクラスタのうちから、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応するクラスタを選択するクラスタ選択手段、をさらに含み、前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応するクラスタに分類された複数の画像特徴量から、当該クエリ特徴量に対応する画像特徴量を選択してもよい。

【0015】

本態様によれば、画像の検索速度を向上させることができる。

【0016】

本発明の一態様では、前記クラスタ選択手段は、前記複数のクラスタをそれぞれ代表する複数の代表特徴量と前記クエリ特徴量との距離に基づいて前記クエリ特徴量に対応するクラスタを選択し、前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量と、前記クエリ特徴量に対応するクラスタに属する画像特徴量との距離に基づいて、前記選択されるクラスタに分類された複数の画像特徴量から、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応する画像特徴量を選択してもよい。

40

【0017】

本発明の一態様では、前記画像特徴量選択手段は、前記複数のクエリ特徴量のいずれか1つに対して選択される画像特徴量が、他のクエリ特徴量に対して選択される画像特徴量と重複しないように、前記複数のクエリ特徴量のそれぞれに対応する画像特徴量を選択してもよい。

【0018】

50

本態様によれば、検索対象となる画像の局所特徴量に対し、その局所特徴量に近いクエリ画像の局所特徴量が多い場合に、この検索対象となる画像が類似の画像として検索されてしまう現象が抑えられる。

【0019】

本発明の一態様では、前記画像特徴量選択手段は、前記クエリ特徴量のそれぞれに対応するクラスタに属する複数の画像特徴量から、選択される画像特徴量の数が前記検索対象となる画像につき1つとなり、かつ、前記複数のクエリ特徴量のいずれか1つに対して選択される画像特徴量が、他のクエリ特徴量に対して選択される画像特徴量と重複しない条件を満たす画像特徴量の全てを当該クエリ特徴量に対応する画像特徴量として選択してもよい。

10

【0020】

本発明の一態様では、画像検索装置は、前記検索対象となる画像のそれぞれから画像特徴量を抽出する画像特徴量抽出手段と、前記抽出された画像特徴量の少なくとも一部が分類される前記複数のクラスタを生成するクラスタ生成手段と、をさらに含み、前記クラスタ生成手段は、あるクラスタに属する画像特徴量のうち前記検索対象となる複数の画像のいずれか1つに対応する画像特徴量の数が所定の値を超えないように前記複数のクラスタを生成してもよい。

【0021】

本態様によれば、画像の検索をより高速に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0022】

【図1】第1の実施形態にかかる画像検索システムの構成の一例を示す図である。

【図2】第1の実施形態にかかる画像検索装置の構成の一例を示す図である。

【図3】並列計算装置の構成の一例を示す図である。

【図4】第1の実施形態にかかる画像検索装置の機能を示す機能ブロック図である。

【図5】第1の実施形態にかかるインデックス生成部の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図6】検索対象となる画像の一例を示す図である。

【図7】画像から抽出される画像特徴ベクトルの概念を示す図である。

【図8】代表ベクトルの木構造の一例を示す図である。

30

【図9】第1の実施形態にかかる画像検索部の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図10】第1の実施形態にかかる画像検索部の処理の概略的な処理フローの一例を示す図である。

【図11】装置内メモリでのデータ配置の一例を示す図である。

【図12】装置内メモリでの代表ベクトルの配置の一例を示す図である。

【図13】クエリとなる画像を入力する画面の一例を示す図である。

【図14】距離計算の処理フローの一例を示す図である。

【図15】クエリ画像から抽出されるクエリ特徴ベクトルと、検索対象となる複数の画像から抽出される画像特徴ベクトルとの対応の一例を示す図である。

【図16】画像特徴ベクトル選択部の処理フローの一例を示す図である。

40

【図17】クエリ特徴ベクトルに対して画像特徴ベクトルを選択する場合の例を示す図である。

【図18】クエリ画像における局所的特徴と、検索対象となる画像における局所的な特徴との対応の一例を示す図である。

【図19】クエリ画像における局所的特徴と、検索対象となる画像における局所的な特徴との対応の比較例を示す図である。

【図20】クエリ特徴ベクトルと画像特徴ベクトルの距離のばらつきの一例を示す図である。

【図21】クエリ特徴ベクトルに対応する画像を統計処理した結果の一例を示す図である。

50

【図 2 2】 クラスタ画像特徴量格納部に格納されるデータの一例を示す図である。

【図 2 3】 第 2 の実施形態にかかる画像検索部の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図 2 4】 第 2 の実施形態にかかる画像検索部の処理の概要を示す処理フローの一例を示す図である。

【図 2 5】 3 番目の画像特徴クラスタにおける画像特徴ベクトルの分布とクエリ特徴ベクトルによる選択とを説明する図である。

【図 2 6】 画像スコアを生成するために用いられる転置行列の一例を示す図である。

【図 2 7】 第 3 の実施形態にかかる画像検索部の処理の概要を示す処理フローの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【 0 0 2 3 】

以下では、本発明の実施形態について図面に基づいて説明する。出現する構成要素のうち同一機能を有するものには同じ符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 2 4 】

[第 1 の実施形態]

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態にかかる画像検索システムの構成の一例を示す図である。画像検索システムは、画像検索装置 1 と、ウェブサーバ 2 と、クライアント装置 3 とを含む。ウェブサーバ 2 は、例えばウェブサーバプログラムが動作するサーバハードウェアであり、クライアント装置 3 は、例えばウェブブラウザのプログラムが動作するパーソナルコンピュータや、スマートフォンである。画像検索システムは画像検索を行う動作の概要は以下の通りである。はじめに、ウェブサーバ 2 は、インターネット等のネットワークを介してクライアント装置 3 から画像検索に用いるクエリとなる画像（以下、「クエリ画像」と記述する）を取得し、そのクエリ画像を画像検索装置 1 に入力させる。次に画像検索装置 1 は、入力された画像に類似する 1 または複数の画像を検索し、ウェブサーバ 2 に出力する。ウェブサーバ 2 は、画像検索装置 1 が検索した画像をクライアント装置 3 に表示させるデータを出力する。

20

【 0 0 2 5 】

図 2 は、第 1 の実施形態にかかる画像検索装置 1 の構成の一例を示す図である。画像検索装置 1 は、CPU 1 1、記憶部 1 2、通信部 1 3、並列計算装置 1 4 およびバス 1 5 を含む。

30

【 0 0 2 6 】

CPU 1 1 は、記憶部 1 2 に格納されているプログラムに従って動作する。また CPU 1 1 は通信部 1 3 や並列計算装置 1 4 を制御する。なお、上記プログラムは、インターネット等のネットワークを介して提供されるものであってもよいし、DVD-ROM や USB メモリ等のコンピュータで読み取り可能な情報記憶媒体に格納されて提供されるものであってもよい。

【 0 0 2 7 】

記憶部 1 2 は、RAM や ROM 等のメモリ素子やハードディスクドライブ等によって構成されている。記憶部 1 2 は、上記プログラムを格納する。また、記憶部 1 2 は、各部から入力される情報や演算結果を格納する。

40

【 0 0 2 8 】

通信部 1 3 は、ウェブサーバ 2 等の他の装置と通信する機能を実現するものであり、例えばネットワークカードのような通信手段で構成されている。ネットワークカードは、通信の集積回路や通信端子を含んでいる。通信部 1 3 は、CPU 1 1 の制御に基づいて、他の装置から受信した情報を CPU 1 1 や記憶部 1 2 に入力し、他の装置に情報を送信する。

【 0 0 2 9 】

バス 1 5 は、CPU 1 1、記憶部 1 2、通信部 1 3 および並列計算装置 1 4 との間でデータをやりとりする経路を構成する。例えば、CPU 1 1 や記憶部 1 2 と並列計算装置 1 4 とはバス 1 5 の中の拡張バスを介して接続される。

50

【 0 0 3 0 】

並列計算装置 1 4 は、並列計算によって同種の計算を大量に行うことを得意とするハードウェアである。並列計算装置 1 4 は、例えば G P U (Graphics Processing Unit) である。図 3 は、並列計算装置 1 4 の構成の一例を示す図である。並列計算装置 1 4 は、複数の並列実行部 4 0 と、装置内メモリ 4 5 とを含む。また各並列実行部 4 0 は、複数のプロセッサ 4 1 と、命令ユニット 4 2 と、高速メモリ 4 3 とを含む。

【 0 0 3 1 】

複数のプロセッサ 4 1 のそれぞれは、浮動小数点計算や、装置内メモリ 4 5 や高速メモリ 4 3 との間でのデータの読み込みや書き込み等の処理を行う。命令ユニット 4 2 は、装置内メモリ 4 5 等に格納されるプログラムに基づいて、その命令ユニット 4 2 を含む並列実行部 4 0 に含まれる複数のプロセッサ 4 1 に処理をさせる。ある並列実行部 4 0 に含まれる複数のプロセッサ 4 1 は、その並列実行部 4 0 に含まれる一つの命令ユニット 4 2 からの指示によって、同一の命令を処理する。こうすると、複数のプロセッサ 4 1 を 1 つの命令ユニット 4 2 で制御できるため、命令ユニット 4 2 の回路の規模の増加を抑えることができる。並列計算装置 1 4 に含まれるプロセッサ 4 1 の数を C P U 1 1 に比べて増やすことが可能になり、特定の計算処理では、複数の独立性の高いプロセッサを用いる場合より高速化が容易になる。

【 0 0 3 2 】

装置内メモリ 4 5 は、D R A M からなり、その D R A M は記憶部 1 2 に用いられる R A M より高速にアクセス可能なものである。装置内メモリ 4 5 は、バス 1 5 を介して、C P U 1 1 や記憶部 1 2 と接続されている。なお、並列計算装置 1 4 は、D M A 転送により装置内メモリ 4 5 と記憶部 1 2 との間でデータを転送する回路も有する。高速メモリ 4 3 は、装置内メモリ 4 5 より高速にアクセス可能な S R A M 等からなる。プロセッサ 4 1 が高速メモリ 4 3 にアクセスする際のレイテンシは、プロセッサ 4 1 がその内部レジスタにアクセスする際のレイテンシとほとんど変わらない。ここで、装置内メモリ 4 5 も高速メモリ 4 3 も複数のプロセッサ 4 1 から共通にアクセスできる共通メモリである。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、第 1 の実施形態にかかる画像検索装置 1 の機能を示す機能ブロック図である。画像検索装置 1 は、機能的に、インデックス生成部 5 1、および画像検索部 5 2 を含む。これらの機能は、C P U 1 1 が記憶部 1 2 に格納されたプログラムを実行し、通信部 1 3 や並列計算装置 1 4 を制御し、また、並列計算装置 1 4 がその並列計算装置 1 4 向けのプログラムを実行することで実現される。

【 0 0 3 4 】

[インデックスの生成]

以下では、画像特徴ベクトル 2 2 をクラスタに分類し、インデックスを生成する処理について説明する。

【 0 0 3 5 】

インデックス生成部 5 1 は、検索対象となる複数の画像から、画像検索の際に用いる画像特徴ベクトル 2 2 や、その画像特徴ベクトル 2 2 の選択を容易にするインデックスを生成する。画像検索部 5 2 は、インデックスや画像特徴ベクトル 2 2 を用いて、クエリ画像に類似する画像を検索する。

【 0 0 3 6 】

図 5 は、インデックス生成部 5 1 の機能構成を示す機能ブロック図である。インデックス生成部 5 1 は、機能的に、画像特徴ベクトル抽出部 6 1 と、クラスタ生成部 6 2 とを含む。クラスタ生成部 6 2 は、クラスタのインデックスとなる代表ベクトルの木構造を生成し、木構造代表ベクトル格納部 7 2 にインデックスに関連する情報を格納する。また、クラスタベクトル格納部 7 1 は、その木構造の葉となるクラスタ (代表ベクトルが代表するクラスタ) に属する画像特徴ベクトル 2 2 の情報を格納する。クラスタベクトル格納部 7 1、木構造代表ベクトル格納部 7 2 は、具体的には記憶部 1 2 により構成される。

【 0 0 3 7 】

画像特徴ベクトル抽出部 6 1 は、主に CPU 1 1、記憶部 1 2 および並列計算装置 1 4 により実現される。画像特徴ベクトル抽出部 6 1 は、記憶部 1 2 に格納されている複数の画像であって検索対象となる複数の画像のそれぞれから、1 または複数の画像特徴ベクトル 2 2 を抽出する。また、画像特徴ベクトル抽出部 6 1 は、抽出された画像特徴ベクトル 2 2 を、その画像特徴ベクトル 2 2 が抽出された画像と関連付けて記憶部 1 2 に記憶させる。

【0038】

図 6 は、検索対象となる画像の一例を示す図である。図 7 は、画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 の概念を示す図である。画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 のそれぞれは、その画像の局所的な特徴を示す局所特徴量である。画像特徴ベクトル 2 2 のそれぞれは、例えば 1 2 8 の要素（次元）をもつベクトルである。画像から画像特徴ベクトル 2 2 を抽出するために、SIFT (Scale-Invariant Feature transform)、SURF (Speeded Up Robust Features) などの公知の手法を用いてよい。画像特徴ベクトル 2 2 のそれぞれが有する要素の数は、画像からの抽出の手法などに応じて変化させてよい。また 1 つの画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 の数は、予め定められた数（例えば 3 0 0）としてよいが、単純な画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 の数はその予め定められた数より少なくなってもよい。

【0039】

クラスタ生成部 6 2 は、主に CPU 1 1、記憶部 1 2 および並列計算装置 1 4 により実現される。クラスタ生成部 6 2 は、クラスタリングにより、画像特徴ベクトル抽出部 6 1 により抽出された複数の画像特徴ベクトル 2 2 の少なくとも一部を複数のクラスタに分類する。言い換えれば、抽出された画像特徴ベクトル 2 2 の少なくとも一部が分類される複数のクラスタを生成する。また、それらのクラスタのそれぞれを代表する代表ベクトルを生成する。画像特徴ベクトル 2 2 が分類されるクラスタは多段階であってよい。それに対応し、クラスタに分類する処理は 1 段階の処理とは限らず、多段階の処理であってよい。以下では、その多段階の処理を再帰的に呼び出すことにより実現する処理の例について説明する。なお、具体的な例では、2 段階の処理を行っており、1 段目で画像特徴ベクトル抽出部 6 1 により抽出された複数の画像特徴ベクトル 2 2 を 1 0 2 4 個のクラスタに分類し、さらに 2 段目でその 1 0 2 4 個のクラスタのそれぞれを 5 1 2 個のクラスタに分類する。

【0040】

クラスタ生成部 6 2 の各段の処理では、クラスタリングにより、与えられた複数の画像特徴ベクトル 2 2 を与えられた個数のクラスタに分類し、複数のクラスタを生成し、さらにその生成されたクラスタの代表ベクトルを生成し、生成された代表ベクトルをその段の代表ベクトルとして木構造代表ベクトル格納部 7 2 に格納する。処理中の段が最下段でない場合は、クラスタ生成部 6 2 は処理中の段で生成されたクラスタのそれぞれに属する複数の画像特徴ベクトル 2 2 を入力情報として、次の段の処理を再帰的に呼び出す。代表ベクトルは、例えばその分類されたクラスタに属する画像特徴ベクトル 2 2 の重心であり、そのクラスタを代表するベクトルである。またクラスタ生成部 6 2 は、最下段の処理で生成されたクラスタごとに、そのクラスタに属する画像特徴ベクトル 2 2 をクラスタベクトル格納部 7 1 に格納する。

【0041】

上述の例の場合、1 段目の処理では、クラスタ生成部 6 2 は、与えられた画像特徴ベクトル 2 2 を 1 0 2 4 個のクラスタに分類し、その分類された 1 段目の各クラスタの代表ベクトルを生成し、生成された 1 段目の代表ベクトルを木構造代表ベクトル格納部 7 2 に格納する。2 段目の処理では、クラスタ生成部 6 2 は、1 段目に生成された 1 0 2 4 個のクラスタのそれぞれに属する複数の画像特徴ベクトル 2 2 を入力情報として、更に 5 1 2 個のクラスタに分類し、その分類された 2 段目の各クラスタの代表ベクトルを生成し、生成された下位の段の代表ベクトルを木構造代表ベクトル格納部 7 2 に格納する。2 段目のクラスタを全て生成するとその 2 段目のクラスタの総数は (1024×512) 個となる。

さらにクラスタ生成部 6 2 は、2 段目に生成されたクラスタごとに、そのクラスタに属する画像特徴ベクトル 2 2 をクラスタベクトル格納部 7 1 に格納する。以下では、説明の容易のため、1 段目のクラスタを代表する代表ベクトルを上位代表ベクトルと記し、最下段（上述の例では 2 段目）のクラスタを代表する代表ベクトルを代表特徴ベクトルと記す。また最終的に生成されたクラスタ（上述の例では 2 段目のクラスタ）を画像特徴クラスタとも記す。

【 0 0 4 2 】

画像特徴ベクトル 2 2 をクラスタに分類する際には、k - m e a n s 法等の公知のクラスタリング手法を用いればよい。クラスタの数は、後述の画像検索部 5 2 の処理との関係で、2 のべき乗が好適であるが、2 のべき乗でなくてもよい。また全ての画像に含まれる画像特徴ベクトル 2 2 を分類すると、それぞれの画像特徴クラスタには、複数の画像特徴ベクトル 2 2 が属する。クラスタ生成部 6 2 の再帰処理を 2 段階行う事で、木構造代表ベクトル格納部 7 2 に、2 階層の情報を格納する事ができる。なお、画像特徴ベクトル抽出部 6 1 やクラスタ生成部 6 2 の計算は、並列計算装置 1 4 を用いずに行ってもよい。ただしこれらの計算は並列計算装置 1 4 を用いる方が望ましい。比較実験によれば、並列計算装置 1 4 を用いる場合の計算速度が、用いない場合の 2 0 から 2 0 0 倍になるからである。

【 0 0 4 3 】

図 8 は、代表ベクトルの木構造の一例を示す図である。クラスタ生成部 6 2 が上述の 2 段階の処理を行う場合、2 段階のクラスタに対応する 2 段階の代表ベクトルが木構造を構成する。上位代表ベクトルの数は 1 0 2 4 個であり、上位代表ベクトルのそれぞれは、5 1 2 個の代表特徴ベクトルの親となっている。このように多段のクラスタによる木構造を用いる場合には、画像検索部 5 2 はその木構造に応じた代表ベクトルに親子関係があることを利用して検索を行うことができる。

【 0 0 4 4 】

[画像を検索する処理]

図 9 は、画像検索部 5 2 の機能構成を示す機能ブロック図である。画像検索部 5 2 は、機能的に、代表ベクトル転送部 8 1、クエリ特徴ベクトル取得部 8 2、上位代表ベクトル距離計算部 8 3、代表クラスタ選択部 8 4、代表特徴ベクトル距離計算部 8 5、画像特徴クラスタ選択部 8 6、画像特徴ベクトル転送部 8 7、画像特徴ベクトル距離計算部 8 8、画像特徴ベクトル選択部 8 9、画像スコア生成部 9 0 および検索結果画像選択部 9 1 を含む。

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は、第 1 の実施形態にかかる画像検索部 5 2 の処理の概要を示す図である。以下では、図 1 0 が示す処理フローに従い、画像検索部 5 2 に含まれる各機能について説明する。

【 0 0 4 6 】

[並列計算装置の初期化]

代表ベクトル転送部 8 1 は、主に並列計算装置 1 4 と、記憶部 1 2 とにより実現される。代表ベクトル転送部 8 1 は、並列計算装置 1 4 を初期化する処理（ステップ S 1 0 1）として、木構造代表ベクトル格納部 7 2 に格納された、複数の上位代表ベクトルおよび複数の代表特徴ベクトルを、複数のプロセッサ 4 1 から共通にアクセスできる装置内メモリ 4 5 に転送する。

【 0 0 4 7 】

代表ベクトル転送部 8 1 が上記データを記憶部 1 2 から装置内メモリ 4 5 に転送する際には、並列計算装置 1 4 やバス 1 5 の D M A（Direct Memory Access）機能を用いる。

【 0 0 4 8 】

図 1 1 は、装置内メモリ 4 5 でのデータ配置の一例を示す図である。装置内メモリ 4 5 には、代表特徴ベクトルを格納する領域と、上位代表ベクトルを格納する領域と、1 つの画像特徴クラスタに含まれる画像特徴ベクトル 2 2 を格納する領域とが設けられる。代表

ベクトル転送部 8 1 は、記憶部 1 2 に記憶される複数の代表ベクトルの情報を、予め割り当てられた装置内メモリ 4 5 のメモリ領域に格納する。画像特徴クラスタを格納する領域へのデータの格納については後述する。

【 0 0 4 9 】

ここで、代表特徴ベクトルの要素数が 1 2 8 次元、代表特徴ベクトルの数は画像特徴クラスタの数と同じ (1 0 2 4 × 5 1 2) 個、各要素が 1 バイトの整数型とすると、その複数の代表特徴ベクトルの全てのデータ量は、(1 0 2 4 × 5 1 2 × 1 2 8) バイト (B)、つまり 6 4 M B となる。また、この場合、複数の上位代表ベクトルの数は 1 0 2 4 であるので、同様に複数の上位代表ベクトルのデータ量は (1 0 2 4 × 1 2 8) バイト、つまり 1 2 8 K B となる。例えば現行の G P U に搭載される装置内メモリ 4 5 のメモリ容量は 1 G B 程度であり、装置内メモリ 4 5 の容量も 1 G B であるとする、複数の代表ベクトルのデータ量は装置内メモリ 4 5 の容量より小さい。

10

【 0 0 5 0 】

一方、画像の数が 1 0 0 万、1つの画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 の数が 3 0 0 とすると、複数の画像特徴クラスタに含まれる画像特徴ベクトル 2 2 のデータ量は、(1 0 0 万 × 3 0 0 × 1 2 8) バイト、つまり約 3 6 G B になり、装置内メモリ 4 5 には格納できない。一方、1つの画像特徴クラスタあたりの平均的な画像特徴ベクトル 2 2 の数は、(1 0 0 万 × 3 0 0 ÷ (1 0 2 4 × 5 1 2))、つまり約 6 0 0 であるので、データ量は 7 5 K B 程度である。クラスタリングにより画像特徴クラスタに含まれる画像特徴ベクトル 2 2 の数が多少変動したとしても、複数の代表特徴ベクトルのデータ量と、複数の上位代表ベクトルのデータ量と、1つの画像特徴クラスタに含まれる画像特徴ベクトル 2 2 のデータ量との和は、装置内メモリ 4 5 の容量より小さくなる。

20

【 0 0 5 1 】

図 1 2 は、装置内メモリ 4 5 での代表ベクトルの配置の一例を示す図である。装置内メモリ 4 5 に格納される代表ベクトルの各要素のサイズは 4 バイトであり、要素の順に並んでいる。また、ある代表ベクトルのデータの先頭アドレスは、装置内メモリ 4 5 から一括して読み出すことのできるデータのバイト数 (例えば 3 2 や 6 4) の倍数となっている。このデータ構造は、後述する距離計算の処理において、装置内メモリ 4 5 に格納されるデータを複数のプロセッサ 4 1 に一括して読込ませるためのものである。代表ベクトル転送部 8 1 は、代表ベクトルの各要素のサイズが 1 バイトであっても、一括して読込むために、各要素のサイズを 4 バイトに変換したデータを装置内メモリ 4 5 に転送している。なお、上位代表ベクトルや、1つの画像特徴クラスタ内の画像特徴ベクトル 2 2 も、同様のデータ構造によって装置内メモリ 4 5 に格納される。装置内メモリ 4 5 内での複数の代表特徴ベクトル、複数の上位代表ベクトル、および 1つの画像特徴クラスタに含まれる画像特徴ベクトル 2 2 のデータ量は 4 倍になるが、この例ではそれらのデータ量の和が装置内メモリ 4 5 の容量より小さい点は変わらない。本実施形態においては、少なくとも装置内メモリ 4 5 内での複数の代表特徴ベクトル、および複数の上位代表ベクトルのデータ量の和が装置内メモリ 4 5 の容量に収まるように、画像特徴クラスタや代表ベクトルの数を調整すればよい。

30

【 0 0 5 2 】

[クエリ特徴ベクトルの取得]

クエリ特徴ベクトル取得部 8 2 は、主に C P U 1 1、記憶部 1 2、および並列計算装置 1 4 によって実現される。クエリ特徴ベクトル取得部 8 2 は、並列計算装置 1 4 の初期化の後に、クエリ画像から 1 または複数のクエリ特徴ベクトルを取得する (ステップ S 1 0 2)。また、クエリ特徴ベクトル取得部 8 2 は、クエリ画像から抽出される 1 または複数のクエリ特徴ベクトルを共通メモリである装置内メモリ 4 5 に格納する。

40

【 0 0 5 3 】

クエリ特徴ベクトル取得部 8 2 は、はじめに、クエリ画像を、クライアント装置 3 からウェブサーバ 2 を介して取得する。図 1 3 は、クエリ画像を入力する画面の一例を示す図である。クライアント装置 3 は、ウェブサーバ 2 が生成したデータにより本画面を表示す

50

る。クエリ画像は、ユーザがクライアント装置 3 内の画像ファイルをアップロードすることで取得されてもよいし、なんらかのウェブページに表示される画像の URL を送ることで取得されてもよいし、写真共有サービス等に格納される画像からクエリ画像を選択することで取得されてもよい。次に、クエリ特徴ベクトル取得部 8 2 は、ウェブサーバ 2 から、取得したクエリ画像を取得し、そのクエリ画像から 1 または複数のクエリ特徴ベクトルを抽出し取得する。クエリ特徴ベクトルは、画像特徴ベクトル抽出部 6 1 が画像特徴ベクトル 2 2 を抽出する手法と同じ手法を用いて生成される。次にクエリ特徴ベクトル取得部 8 2 はクエリ特徴ベクトルを装置内メモリ 4 5 に格納する。ここで、CPU 1 1 がクエリ特徴ベクトルを抽出し、並列計算装置 1 4 がクエリ特徴ベクトルを装置内メモリ 4 5 にロードしてもよいし、クエリ画像を並列計算装置 1 4 にロードし、並列計算装置 1 4 がクエリ特徴ベクトルを抽出して装置内メモリ 4 5 に格納してもよい。

10

【 0 0 5 4 】

〔画像特徴クラスタの選択〕

次に、画像検索部 5 2 は、複数のクエリ特徴ベクトルのそれぞれに対応する画像特徴クラスタを選択する（ステップ S 1 0 3）。この処理は、上位代表ベクトル距離計算部 8 3、代表クラスタ選択部 8 4、代表特徴ベクトル距離計算部 8 5、および画像特徴クラスタ選択部 8 6 が行う。

【 0 0 5 5 】

上位代表ベクトル距離計算部 8 3 は、並列計算装置 1 4 を中心として実現される。上位代表ベクトル距離計算部 8 3 は、複数の上位代表ベクトルのそれぞれと、クエリ特徴ベクトルとの距離とを、複数の並列のプロセッサ 4 1 を用いて計算する。以下では上位代表ベクトル距離計算部 8 3 での距離計算の詳細について説明する。なお、上位代表ベクトル距離計算部 8 3、代表クラスタ選択部 8 4、代表特徴ベクトル距離計算部 8 5、画像特徴クラスタ選択部 8 6、画像特徴ベクトル距離計算部 8 8 および画像特徴ベクトル選択部 8 9 の処理は、クエリ画像から抽出されたクエリ特徴ベクトルのそれぞれについて行う。

20

【 0 0 5 6 】

図 1 4 は距離計算の処理フローの一例を示す図である。はじめに、上位代表ベクトル距離計算部 8 3 は、クエリ特徴ベクトルを装置内メモリ 4 5 から距離計算を行う並列実行部 4 0 の高速メモリ 4 3 にロードする（ステップ S 2 0 1）。次に、計算対象となるベクトル（ここでは上位代表ベクトル）の各要素を装置内メモリ 4 5 からその要素の計算を行うプロセッサ 4 1 のレジスタにロードする（ステップ S 2 0 2）。この際、複数のプロセッサ 4 1 は、装置内メモリ 4 5 から計算対象ベクトルのデータを一括で読み込む。それは、計算対象となるベクトルのデータが代表ベクトル転送部 8 1 等によって予めその一括の読み込みができるよう装置内メモリ 4 5 に記憶されているからである。次に、上位代表ベクトル距離計算部 8 3 は、レジスタに格納された計算対象となるベクトルの要素と、その要素に対応するクエリ特徴ベクトルの要素とを減算し、さらにその減算結果を 2 乗する（ステップ S 2 0 3）。距離計算においては、減算結果を 2 乗するかわりに減算結果の絶対値を用いるなど他の距離関数を用いてよい。距離関数で用いる距離は、ステップ S 2 0 3 のようなユークリッド距離（ L_2 ）に限らず、コサイン、マンハッタン距離（ L_1 ）等であってもよい。

30

40

【 0 0 5 7 】

次に、計算対象となるベクトルの各要素についてのステップ S 1 0 3 の計算結果を合計する（ステップ S 2 0 4）。そして、上位代表ベクトル距離計算部 8 3 は、合計結果を装置内メモリ 4 5 に格納する（ステップ S 2 0 5）。なお、ある並列実行部 4 0 に含まれる、同一の命令を実行するプロセッサ 4 1 の数がクエリ特徴ベクトルや計算対象となるベクトルの要素の数より少なければ、ステップ S 2 0 2 からステップ S 2 0 4 の処理は、プロセッサ 4 1 の数にあわせて分割され、複数回実行される。また、並列実行部 4 0 が複数ある場合、別の並列実行部 4 0 に、上位代表ベクトル距離計算部 8 3 は、別の計算対象となるベクトルについてステップ S 2 0 1 から S 2 0 5 の処理を実行させる。また、クエリ画像から抽出された他のクエリ特徴ベクトルについても並列に計算してもよい。こうするこ

50

とで、クエリ特徴ベクトルと他の複数の計算対象のベクトルとの距離計算はGPUのような並列計算装置14の並列計算能力にあわせて並列に計算される。この距離計算の処理内容からわかるように、装置内メモリ45に適切に配置された複数のベクトルと、クエリ特徴ベクトルとの距離計算はGPUのようなハードウェアと親和性が高く、非常に高速に処理される。

【0058】

代表クラスタ選択部84は、並列計算装置14を中心として実現される。代表クラスタ選択部84は、上位代表ベクトル距離計算部83で計算されたクエリ特徴ベクトルと複数の上位代表ベクトルのそれぞれとの距離に基づいて、複数の代表特徴ベクトルの集合から1つの集合を選択する。より詳細には、例えば、クエリ特徴ベクトルとの距離が最も短い上位代表ベクトルの子となる複数の代表特徴ベクトルの集合を選択する。この代表特徴ベクトルの集合のそれぞれは1段目のクラスタ（代表クラスタ）に対応する。代表特徴ベクトルの集合の選択は、それに対応する代表クラスタの選択にも相当する。なお、上位代表ベクトルのそれぞれは、複数の代表特徴ベクトルを代表しているとみることにもできる。代表クラスタ選択部84は、より具体的には、その代表ベクトルの集合を格納するメモリ内の領域の先頭アドレスを計算することによってその集合を選択する。例えば、ある上位代表ベクトルの子となる代表特徴ベクトルの数が上位代表ベクトルにかかわらず一定であれば、距離が最も短い上位代表ベクトルが何番目かわかれば、かけ算等の単純な計算で先頭アドレスを求めることが可能となる。そうすれば、分岐や追加のメモリアクセスを必要とするような演算を用いずに済むため、GPUのようなハードウェアの性能をより活かした処理ができる。

【0059】

代表特徴ベクトル距離計算部85は、並列計算装置14を中心として実現される。代表特徴ベクトル距離計算部85は、複数の代表特徴ベクトルの少なくとも一部のそれぞれと、クエリ特徴ベクトルとの距離とを、複数の並列のプロセッサ41を用いて計算する。ここで計算対象となる代表特徴ベクトルは、代表クラスタ選択部84で選択された集合に属する代表特徴ベクトルである。代表特徴ベクトル距離計算部85は、上位代表ベクトル距離計算部83が距離を計算するものと同様に、図14のフローに従い距離を計算する。ただし、計算対象ベクトルは上述の代表特徴ベクトルである。上位代表ベクトル距離計算部83と同様に、この処理内容はGPUのようなハードウェアと親和性が高く、非常に高速に処理される。

【0060】

画像特徴クラスタ選択部86は、並列計算装置14を中心として実現される。画像特徴クラスタ選択部86は、代表特徴ベクトル距離計算部85で計算されたクエリ特徴ベクトルと複数の代表特徴ベクトルのそれぞれとの距離に基づいて、複数の画像特徴クラスタから画像特徴クラスタを選択する。より詳細には、例えば、クエリ特徴ベクトルとの距離が最も短い代表特徴ベクトルが代表する画像特徴クラスタを選択する。

【0061】

なお、本実施形態では上位代表ベクトルと代表特徴ベクトルのように代表ベクトルが2段階の木構造の構成になっているが、上位代表ベクトルを設けない1段の構成にしてもよい。その場合、上位代表ベクトル距離計算部83および代表クラスタ選択部84の処理は不要であり、代表特徴ベクトル距離計算部85は全ての代表特徴ベクトルについて距離計算を行う。また、3段以上の構成にしてもよい。

【0062】

[画像特徴ベクトルの選択]

画像特徴クラスタが選択された後には、画像検索部52は、複数のクエリ特徴ベクトルのそれぞれと、選択された画像特徴クラスタに属する画像特徴ベクトル22との距離とを計算し、その距離に基づいてそのクエリ特徴ベクトルに対応する1または複数の画像特徴ベクトル22を選択する（ステップS104）。この処理は、画像特徴ベクトル転送部87、画像特徴ベクトル距離計算部88、および画像特徴ベクトル選択部89が行う。

【 0 0 6 3 】

画像特徴ベクトル転送部 8 7 は、記憶部 1 2 および並列計算装置 1 4 を中心として実現される。画像特徴ベクトル転送部 8 7 は画像特徴クラスタ選択部 8 6 で選択された画像特徴クラスタに属する複数の画像特徴ベクトル 2 2 を、クラスタベクトル格納部 7 1 から、複数のプロセッサ 4 1 から共通にアクセスできる装置内メモリ 4 5 に転送する。画像特徴ベクトル転送部 8 7 は、代表ベクトル転送部 8 1 が代表特徴ベクトル等を転送するのと同じように、装置内メモリ 4 5 に格納されるデータを複数のプロセッサ 4 1 に一括して読み込ませるように画像特徴ベクトル 2 2 のデータを配置する。

【 0 0 6 4 】

画像特徴ベクトル距離計算部 8 8 は、並列計算装置 1 4 を中心として実現される。画像特徴ベクトル距離計算部 8 8 は、複数の画像特徴ベクトル 2 2 のそれぞれと、クエリ特徴ベクトルとの距離とを、複数の並列のプロセッサ 4 1 を用いて計算する。ここで計算に用いる画像特徴ベクトル 2 2 は、画像特徴クラスタ選択部 8 6 で選択された画像特徴クラスタに属する画像特徴ベクトル 2 2 である。そのデータは画像特徴ベクトル転送部 8 7 により装置内メモリ 4 5 に転送されている。画像特徴ベクトル距離計算部 8 8 は、上位代表ベクトル距離計算部 8 3 が距離を計算するものと同様に、クエリ特徴ベクトルのそれぞれについて、図 1 4 のフローに従い距離を計算する。ただし、計算対象ベクトルは画像特徴ベクトル 2 2 である。上位代表ベクトル距離計算部 8 3 と同様に、この処理内容は G P U のようなハードウェアと親和性が高く、非常に高速に処理される。

【 0 0 6 5 】

画像特徴ベクトル選択部 8 9 は、並列計算装置 1 4 を中心として実現される。画像特徴ベクトル選択部 8 9 は、複数のクエリ特徴ベクトルと、選択された画像特徴クラスタに属する複数の画像特徴ベクトル 2 2 と、の近さに基づいて、複数のクエリ特徴ベクトルのそれぞれに対応する複数の画像特徴ベクトル 2 2 を選択する。近さとして、この例では距離を用いている。ここで、画像特徴ベクトル選択部 8 9 は、以下の条件を満たす複数の画像特徴ベクトル 2 2 を選択する。その条件は、あるクエリ特徴量に対して、検索対象となる複数の画像のそれぞれにつき 1 つの画像特徴ベクトル 2 2 が選択されることである。この条件により、1 つのクエリ特徴ベクトルに対して、ある 1 つの画像から抽出された複数の画像特徴ベクトル 2 2 が対応することを防ぐ。

【 0 0 6 6 】

図 1 5 は、クエリ画像から抽出されるクエリ特徴ベクトルと、検索対象となる複数の画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 との対応の一例を示す図である。図 1 5 の左側にある 1 つの矩形がクエリ画像を示し、その中にある × 印はそのクエリ画像から抽出されたクエリ特徴ベクトルを示す。図 1 5 の右側に上下方向に並ぶ矩形のそれぞれは検索対象となる画像を示し、その矩形のそれぞれの中にある × 印はその画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 を示す。図 1 5 に示すように、あるクエリ画像と、検索対象となる画像のうち 1 つとの間では 1 つのクエリ特徴ベクトルは、1 つの画像特徴ベクトル 2 2 にしか対応しない。一方、そのクエリ特徴ベクトルに対して、検索対象となる他の画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 が存在しうる。もちろん、そのクエリ特徴ベクトルに対応する画像特徴ベクトル 2 2 を含まない画像があってもよいので、あるクエリ特徴ベクトルに対応しある 1 つの画像から抽出される画像特徴ベクトル 2 2 の数は 1 または 0 となる。

【 0 0 6 7 】

図 1 6 は、画像特徴ベクトル選択部 8 9 の処理フローの一例を示す図である。画像特徴ベクトル選択部 8 9 は、クエリ特徴ベクトルごとに図 1 6 に示す処理を行う。また、後述する選択済特徴リストはあるクエリ画像に対する全てのクエリ特徴ベクトルの間で共通して用い、選択済特徴リストは 1 番目のクエリ特徴ベクトルに対し処理を始める前に初期化される。以下ではあるクエリ特徴ベクトルについての処理について説明する。

【 0 0 6 8 】

はじめに、画像特徴ベクトル選択部 8 9 は、選択されたクラスタに属する画像特徴ベクトル 2 2 から、クエリ特徴ベクトルとの距離があらかじめ定められた閾値より小さいもの

10

20

30

40

50

を取得し、それらを距離によりソートする（ステップS301）。

【0069】

図17は、クエリ特徴ベクトルに対して画像特徴ベクトル22を選択する場合の例を示す図である。本図の実線の円は選択されたクラスタを示し、その円の中心にある黒丸はそのクラスタの代表ベクトル241（正確にはベクトルの座標）を示し、白丸はそのクラスタに含まれる画像特徴ベクトル22を示している。プラス記号はクエリ特徴ベクトルを示している。図17の例では、クエリ特徴ベクトル321からの距離が閾値の範囲となる、クエリ特徴ベクトル321の白丸を中心とする破線内にある画像特徴ベクトル221, 223がクエリ特徴ベクトル321に対応して取得されソートされる。またクエリ特徴ベクトル322に対しては、画像特徴ベクトル222, 223が取得されソートされる。ここで、閾値を変化させることで、検索精度をコントロールすることが可能となる。具体的には、閾値が小さいほど、少数の画像特徴ベクトル22を検索結果として出力可能となり、閾値が大きいほど、広範囲の画像特徴ベクトル22を検索結果として出力可能となる。なお、閾値を最大とした場合には、クラスタに含まれる画像特徴ベクトル全てを選択することになる。なお、距離が範囲内になるか否かではなく、距離が近い順にあらかじめ定められた数のクエリ特徴ベクトルを取得するようにしてもよい。なお、図17では、分かりやすさのために、クラスタの代表ベクトル、そのクラスタに含まれる画像特徴ベクトル、およびクエリ特徴ベクトルを2次元の図面を用いて図示しているが、実際は、これらのベクトルは2次元ではなく128次元である。

【0070】

次に画像特徴ベクトル選択部89は、選択済画像リストに属する画像をクリアし初期化する（ステップS302）。次に、ソートされた画像特徴ベクトル22のうち1番目の画像特徴ベクトル22を処理対象として取得する（ステップS303）。そして、その処理対象の画像特徴ベクトル22が、選択済画像リストにある画像から抽出されておらず（ステップS304のN）、かつ、選択済特徴リストに存在しない（ステップS305のN）場合には、処理対象となる画像特徴ベクトル22を、このクエリ特徴ベクトルに対応するものとして選択する（ステップS306）。そして、選択された画像特徴ベクトル22を選択済特徴リストに追加し（ステップS307）、また選択された画像特徴ベクトル22が抽出された画像を選択済画像リストに追加する（ステップS308）。処理対象の画像特徴ベクトル22が、選択済画像リストにある画像から抽出されている（ステップS304のY）、または、選択済特徴リストに存在する（ステップS305のY）場合には、ステップS306からステップS308の処理をスキップする。

【0071】

そして、処理対象となる画像特徴ベクトル22が最後の画像特徴ベクトル22であれば（ステップS309のY）、このクエリ特徴ベクトルに対する処理は終了し、処理対象となる画像特徴ベクトル22が最後の画像特徴ベクトル22でなければ（ステップS309のN）、次の画像特徴ベクトル22を処理対象として取得し（ステップS310）、ステップS304から繰り返す。

【0072】

ステップS304等の処理により、あるクエリ特徴ベクトルに対し1つの画像から抽出された複数の画像特徴ベクトル22が選択される現象が抑えられる。ステップS305等の処理により、例えば図17における画像特徴ベクトル223が複数のクエリ特徴ベクトルによって複数回選択される現象が抑えられる。言い換えれば、あるクエリ特徴ベクトルに対して選択される画像特徴ベクトル22が、他のクエリ特徴ベクトルに対して選択される画像特徴ベクトル22と重複しない。その結果、クエリ画像から抽出されるクエリ特徴ベクトルと、検索対象となる画像のいずれか1つから抽出された画像特徴ベクトル22のうち選択されるものとが1対1に対応する。

【0073】

図18は、クエリ画像における局所的特徴（クエリ特徴ベクトルに対応）と、検索対象となる画像における局所的な特徴（画像特徴ベクトル22に対応）との対応の一例を示す

図である。図 18 のうち上側の矩形がクエリ画像を、下側の矩形が検索対象となる画像を示す。これらの画像に含まれる複数の三角形は、互いに類似する局所的特徴を示す。このように、クエリ画像における局所的特徴と、検索対象となる画像における局所的な特徴とが 1 対 1 に対応する。

【 0 0 7 4 】

図 19 は、クエリ画像における局所的特徴と、検索対象となる画像における局所的な特徴との対応の比較例を示す図である。本図はステップ S 3 0 4 および S 3 0 5 の処理を行わない場合の例である。この場合、多対多の対応関係となり、選択される画像特徴ベクトル 22 の数が飛躍的に増大してしまう。

【 0 0 7 5 】

図 18 と図 19 とを比較してもわかるように、上述の処理により、クエリ画像と、検索対象となる画像の 1 つとで、局所的な特徴量の数が異なるものが同じものより多くの画像特徴ベクトル 22 が抽出されることを防ぐことが可能となる。これにより、後述のスコア生成処理を通じて、検索対象となる画像が有する局所的特徴の数と、クエリ画像が有する局所的特徴の数とが大きく異なる画像が検索結果として選択される可能性を抑えることができる。

【 0 0 7 6 】

[画像ごとのスコアの生成]

画像特徴ベクトル 22 が選択されると、画像検索部 52 に含まれる画像スコア生成部 90 は、検索対象となる画像ごとにスコアを生成する（ステップ S 1 0 5）。画像スコア生成部 90 は並列計算装置 14 を中心として実現される。画像スコア生成部 90 は、複数の画像のそれぞれについて、当該画像の特徴を示しかつ選択された複数の画像特徴ベクトル 22 と、その選択された画像特徴ベクトル 22 に対応するクエリ特徴ベクトルとの近さに基づいてスコア要素を計算し、さらにそのスコア要素の合計に基づいて、当該画像の画像スコアを生成する。

【 0 0 7 7 】

画像スコア生成部 90 は、以下の式を用いて選択された画像特徴ベクトル 22 のそれぞれについて、スコア要素 s_e を計算する。

【 0 0 7 8 】

【 数 1 】

$$se = \frac{1}{\ln(dist + e)}$$

【 0 0 7 9 】

ここで、 $dist$ は画像特徴ベクトル 22 と、その画像特徴ベクトル 22 に対応するクエリ特徴ベクトルとの距離であり、 \ln は自然対数を e は自然対数の底を示す。これにより、対応するクエリ特徴ベクトルを有する画像特徴ベクトル 22 のスコア要素 s_e が距離に応じて変化ようになる。次に、画像スコア生成部 90 は、画像のそれぞれについて、その画像から抽出されかつ画像特徴ベクトル選択部 89 が選択した画像特徴ベクトル 22 のスコア要素 s の合計を用いて、以下の式のように画像スコア s_i を計算する。

【 0 0 8 0 】

【 数 2 】

$$si = \frac{\sum se}{\sqrt{kn}}$$

【 0 0 8 1 】

ここで、 kn は、その画像から抽出された画像特徴ベクトル 22 の数である。これらの式で生成される画像スコア s_i は、画像のそれぞれについて画像特徴ベクトル 22 が選択された頻度だけではなく、クエリ特徴ベクトルのそれぞれと対応する画像特徴ベクトル 22 との近さも考慮に入れたスコアとなるため、検索精度をさらに向上させることができる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 8 2 】

図 2 0 は、クエリ特徴ベクトルと画像特徴ベクトル 2 2 との距離のばらつきの一例を示す図である。例えば、本図のように、クエリ特徴ベクトル 3 2 4 と、対応して選択される画像特徴ベクトル 2 2 4 とが近いものと、クエリ特徴ベクトル 3 2 5 と、対応して選択される画像特徴ベクトル 2 2 5 とが近いものとがある場合、従来は、同じ重みでスコアを計算していたが、上述の処理により、このような違いを反映したスコアを計算し、局所的な特徴の類似性をより反映した検索を行うことが可能となる。

【 0 0 8 3 】

〔 画像の選択 〕

画像スコアが生成されると、画像検索部 5 2 に含まれる検索結果画像選択部 9 1 は、検索結果となる画像を選択する（ステップ S 1 0 6）。検索結果画像選択部 9 1 は、並列計算装置 1 4 を中心として実現される。検索結果画像選択部 9 1 は、画像スコア生成部 9 0 が計算した画像スコアに基づいて、検索対象となる複数の画像のうち少なくとも 1 つを検索結果として選択する。具体的には、画像スコアをその値により降順にソートし、その画像スコアが高い画像からいくつかを選択したり、所定の値より画像スコアが高い画像を選択する。

【 0 0 8 4 】

図 2 1 は、画像スコアのソート結果の一例を示す図である。本図に示すように、星マークを 1 つ含むトルコ国旗をクエリ画像とする場合に、星マークを大量に含むアメリカ星条旗の画像に対する画像スコアが上昇してしまう現象が抑えられている。検索結果画像選択部 9 1 は、画像を選択すると、ウェブサーバ 2 に選択した画像の情報を出力する。ウェブサーバ 2 は、クライアント装置 3 に検索結果の画像を表示させる情報を出力する。

【 0 0 8 5 】

なお、上位代表ベクトル距離計算部 8 3 から画像特徴ベクトル距離計算部 8 8 までの処理は G P U などの並列計算を行うハードウェアとの親和性が高く、G P U の並列計算能力をフルに活かすことができる。またそれ以降の処理も、ある程度並列処理が可能であり、C P U 1 1 も用いるより高速に処理を行うことができる。よって、G P U による処理時間の短縮効果を十分に享受することができる。また、これらの処理のうち一部を C P U 1 1 に実行させてもよい。

【 0 0 8 6 】

〔 第 2 の実施形態 〕

本発明の第 2 の実施形態にかかる画像検索システムは、第 1 の実施形態と異なり、画像特徴クラスタを選択した後に画像特徴ベクトル 2 2 とクエリ特徴ベクトルとの距離を判断しない。この手法は B o F 法に一部類似する検索手法である。以下では、第 1 の実施形態との相違点を中心に説明する。なお、図 1 に示す画像検索システムを構成する機器の構成や、画像検索装置 1 がインデックス生成部 5 1 および画像検索部 5 2 を有する点は第 1 の実施形態と同様である。

【 0 0 8 7 】

〔 インデックスの生成 〕

第 1 の実施形態と同様に、インデックス生成部 5 1 は、画像特徴ベクトル抽出部 6 1 と、クラスタ生成部 6 2 とを含む。画像特徴ベクトル抽出部 6 1 は、検索対象となる複数の画像のそれぞれから複数の画像特徴ベクトル 2 2 を抽出する。クラスタ生成部 6 2 は、その抽出された画像特徴ベクトル 2 2 を複数の画像特徴クラスタに分類する。また、クラスタ生成部 6 2 は、それらの画像特徴クラスタの代表ベクトルを代表ベクトル格納部 1 7 2 に格納し、画像特徴クラスタに属する画像特徴ベクトル 2 2 に関する情報をクラスタ画像特徴量格納部 1 7 1 に格納する。画像特徴クラスタへの分類は、第 1 の実施形態と同様の手法を用いればよい。ただし、クラスタ生成部 6 2 は、クラスタ画像特徴量格納部 1 7 1 には、画像特徴ベクトル 2 2 の各要素の代わりに、その画像特徴ベクトル 2 2 のインデックスに相当する情報、より具体的にはその画像特徴ベクトルが抽出された画像の識別情報

10

20

30

40

50

を格納する。クラスタ画像特徴量格納部 171、代表ベクトル格納部 172 は、具体的には記憶部 12 により構成される。

【0088】

図 22 は、クラスタ画像特徴量格納部 171 に格納されるデータの一例を示す図である。クラスタ画像特徴量格納部 171 には、画像特徴クラスタの識別情報であるクラスタ番号と画像の識別情報である画像番号とを要素とする複数のレコードが格納されている。ここで、1つのレコードは、1つの画像特徴ベクトル 22 に対応する。ある画像から抽出された複数の画像特徴ベクトルが同じ画像特徴クラスタに存在する場合、同じクラスタ番号と画像番号とを有するレコードの数はその画像特徴ベクトル 22 の数となる。

【0089】

[画像を検索する処理]

図 23 は、第 2 の実施形態にかかる画像検索部 52 の機能構成を示す機能ブロック図である。画像検索部 52 は、機能的に、クエリ特徴ベクトル取得部 181、画像特徴クラスタ選択部 182、画像特徴ベクトル選択部 183、画像スコア生成部 184、および検索結果画像選択部 185 を含む。

【0090】

図 24 は、第 2 の実施形態にかかる画像検索部 52 の処理の概要を示す図である。以下では、図 24 が示す処理フローに従い、画像検索部 52 に含まれる各機能について説明する。

【0091】

[クエリ特徴ベクトルの取得]

クエリ特徴ベクトル取得部 181 は、主に CPU 11、記憶部 12、および並列計算装置 14 によって実現される。はじめに、クエリ特徴ベクトル取得部 181 は、クエリ画像から 1 または複数のクエリ特徴ベクトルを取得する (ステップ S1101)。この処理は、第 1 の実施形態におけるクエリ特徴ベクトル取得部 82 と同様の処理である。

【0092】

[画像特徴クラスタの選択]

画像特徴クラスタ選択部 182 は、主に CPU 11、記憶部 12、および並列計算装置 14 により実現される。クエリ特徴ベクトルが取得されると、画像特徴クラスタ選択部 182 は、複数のクエリ特徴ベクトルにそれぞれ対応する複数の画像特徴クラスタを選択する (ステップ S1102)。より具体的には、クエリ特徴ベクトルのそれぞれについて、当該クエリ特徴ベクトルに最も近い代表ベクトルを有する画像特徴クラスタを選択する。より詳細な計算方法としては、CPU 11 を用いて距離計算を行ってもよいし、第 1 の実施形態に示すように、並列計算装置 14 と代表ベクトルの木構造とを用いて画像特徴クラスタを選択してもよい。なお、選択された画像特徴クラスタは、BoF 法における Visual Word に相当すると考えてよい。

【0093】

[画像特徴ベクトルの選択]

画像特徴ベクトル選択部 183 は、CPU 11 および記憶部 12 を中心として実現される。画像特徴ベクトル選択部 183 は、クエリ特徴ベクトルのそれぞれに対して選択された画像特徴クラスタに属する画像特徴ベクトル 22 から、当該クエリ特徴ベクトルに対応する画像特徴ベクトル 22 を選択する (ステップ S1103)。ここで、画像特徴ベクトル選択部 89 は、以下の条件を満たす複数の画像特徴ベクトル 22 を選択する。1つの条件は、検索対象となる複数の画像のそれぞれについて、その画像から抽出された複数の画像特徴ベクトル 22 のうち、ある 1つのクエリ特徴ベクトルに対応して選択された画像特徴ベクトル 22 の数が 1 となることである。もう 1つの条件は、いずれかのクエリ特徴ベクトルに対し選択される画像特徴ベクトル 22 と、他のクエリ特徴ベクトルに対し選択される画像特徴ベクトル 22 とが重複しないことである。画像特徴ベクトル選択部 183 は、クエリ特徴ベクトルのそれぞれについて、上述の条件を満たす全ての画像特徴ベクトル 22 をそのクエリ特徴ベクトルに対応する画像特徴ベクトル 22 として選択する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 4 】

具体的な処理方法としては、例えば、第 1 の実施形態において図 1 6 で説明した処理のうち、ステップ S 3 0 1 の処理を、クエリ特徴ベクトルに対応して選択された画像特徴クラスタに含まれる全ての画像特徴ベクトル 2 2 を取得するように変更すればよい。なお、本実施形態ではクラスタ画像特徴量格納部 1 7 1 には画像特徴ベクトル 2 2 そのものは格納されておらず、距離計算や距離によるソートは行わない。

【 0 0 9 5 】

図 2 5 は、3 番目の画像特徴クラスタにおける画像特徴ベクトル 2 2 の分布とクエリ特徴ベクトルによる選択とを説明する図である。図 2 5 は、ある画像特徴クラスタ（ここではクラスタ番号が 3 である画像特徴クラスタ）における画像ごとの画像特徴ベクトル 2 2 の数を示している。図 2 5 において横軸は画像番号であり、縦軸は画像特徴ベクトル 2 2 の数である。あるクエリ特徴ベクトルにより 1 度目にクラスタ番号 3 である画像特徴クラスタが選択された場合、画像番号 3, 4, 5, 7, 1 6 の画像から抽出された画像特徴ベクトル 2 2 がそれぞれ 1 つずつ選択される。また、他のクエリ特徴ベクトルにより 2 度目にクラスタ番号 3 の画像特徴クラスタが選択された場合、残っている画像特徴ベクトル 2 2 のうち、画像番号 4, 1 6 の画像から抽出された画像特徴ベクトル 2 2 がそれぞれ 1 つずつ選択される。

【 0 0 9 6 】

[画像ごとのスコアの生成]

画像スコア生成部 1 8 4 は、CPU 1 1 および記憶部 1 2 を中心として実現される。画像スコア生成部 1 8 4 は、複数の画像の少なくとも一部のそれぞれについて、その画像における選択された画像特徴ベクトル 2 2 の出現頻度に基づいて当該画像の画像スコアを生成する（ステップ S 1 1 0 4）。例えば、画像スコア生成部 1 8 4 は、画像ごとに、その画像から抽出され、クエリ特徴ベクトルに対応して選択された画像特徴ベクトル 2 2 の数をカウントして画像スコアを生成する。

【 0 0 9 7 】

[画像の選択]

検索結果画像選択部 1 8 5 は、CPU 1 1 および記憶部 1 2 を中心として実現される。検索結果画像選択部 1 8 5 は、検索結果となる画像を選択する（ステップ S 1 1 0 5）。具体的には、検索結果画像選択部 1 8 5 は第 1 の実施形態における検索結果画像選択部 9 1 と同様に画像スコアに基づいて検索対象となる複数の画像のうち少なくとも 1 つを検索結果として選択する。

【 0 0 9 8 】

上述のように、画像特徴クラスタを選択した後に画像特徴ベクトル 2 2 とクエリ特徴ベクトルとの距離を計算しなくても、クエリ画像から抽出されるクエリ特徴ベクトルと、検索対象となる画像のいずれか 1 つから抽出された画像特徴ベクトル 2 2 のうち、選択された画像特徴ベクトル 2 2 とを 1 対 1 に対応させ、検索対象となる画像が有する局所的特徴の数と、クエリ画像が有する局所的特徴の数とが大きく異なる画像が検索結果として選択される可能性を抑えるという効果を生ずる。

【 0 0 9 9 】

[第 3 の実施形態]

本発明の第 2 の実施形態にかかる画像検索システムは、第 2 の実施形態と同様に、画像特徴クラスタを選択した後に画像特徴ベクトル 2 2 とクエリ特徴ベクトルとの距離を判断しない。本実施形態では B o F 法で用いられるような既存の全文検索エンジンを用いつつ第 2 の実施形態と同様の効果を得るようにしたものである。以下では、第 2 の実施形態との相違点を中心に説明する。なお、図 1 に示す画像検索システムを構成する機器の構成や、図 2 や図 2 3 に示す機能構成は第 2 の実施形態と同様である。

【 0 1 0 0 】

[インデックスの生成]

第 3 の実施形態では、クラスタ生成部 6 2 は、B o F 法で一般的に用いられる転置行列

10

20

30

40

50

をクラスタ画像特徴量格納部 171 に格納する。BoF法における転置行列は、画像に対応する列と、Visual Wordに対応する行とからなる行列である。本実施形態では、行列の行を特定する文字列をビジュアルワード識別子と呼ぶ。ここで、ビジュアルワード識別子は、Visual Wordに相当する画像特徴クラスタの識別番号に、その画像特徴クラスタについてある画像に対応する画像特徴ベクトル 22 が抽出された順位を示す情報を付加したものである。

【0101】

図 26 は、画像スコアを生成するために用いられる転置行列の一例を示す図である。ハイフンのないビジュアルワード識別子は、画像特徴クラスタのクラスタ番号と同じである。そのビジュアルワードの行とある画像番号の列とによる定まるセルに「1」がある場合には、その画像番号が示す画像から抽出され、その画像特徴クラスタに属する 1 番目の画像特徴ベクトル 22 が存在することを示す。また、ハイフンのあるビジュアルワード識別子については、ハイフンの前の番号は画像特徴クラスタのクラスタ番号を、ハイフンの後の番号は画像における画像特徴ベクトル 22 のシーケンシャル番号を示す。例えば、ビジュアルワード識別子が「3 - 2」の行と、画像番号「4」の列とにより定まるセルに「1」がある場合には、3 番目の画像特徴クラスタに、4 番目の画像について 2 番目の画像特徴ベクトル 22 が存在していることを示す。この「1」が存在するセルは、画像特徴ベクトル 22 に相当する。もちろん、ビジュアルワード識別子の表現にハイフンを用いなくてもよい。ビジュアルワード識別子は、同じクラスタに属しかつ同じ画像から抽出される画像特徴ベクトル 22 が識別できればどのような表現でもよい。

【0102】

また、ビジュアルワード識別子「3 - many」の「many」は、あらかじめ定められたクラスタ内閾値（ここでは 3）以降のシーケンシャル番号を示す。ビジュアルワード識別子が「3 - many」の行と、画像番号「4」の列とにより定まるセルに「1」がある場合には、3 番目の画像特徴クラスタに、所定の順位（3 番目）以降の画像特徴ベクトル 22 が存在することを示す。本実施形態では「3 - 4」以降のビジュアルワードは存在させない。これは、4 番目以降の画像特徴ベクトル 22 についての情報を削除することを示す。さらにいえば、ある画像特徴クラスタに属する画像特徴ベクトル 22 のうち検索対象となる複数の画像のいずれか 1 つに対応する画像特徴量の数がそのクラスタ内閾値を超えないことと等価である。クラスタ生成部 62 は、ある画像特徴クラスタに属し、かつ検索対象となる複数の画像のいずれか 1 つに対応する画像特徴ベクトル 22 のうちクラスタ内閾値を超えるものを画像特徴クラスタから削除し、その結果をクラスタ画像特徴量格納部 171 に格納している。

【0103】

[画像を検索する処理]

図 27 は、第 3 の実施形態にかかる画像検索部 52 の処理の概要を示す図である。以下では、図 27 が示す処理フローに従い、主に第 2 の実施形態との相違点について説明する。

【0104】

はじめに、クエリ特徴ベクトル取得部 181 は、クエリ画像から 1 または複数のクエリ特徴ベクトルを取得する（ステップ S2101）。次に、画像特徴クラスタ選択部 182 は、複数のクエリ特徴ベクトルにそれぞれ対応する複数の画像特徴クラスタを選択する（ステップ S2102）。これらの処理は第 2 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0105】

次に、画像特徴ベクトル選択部 183 は、選択された画像特徴クラスタのクラスタ番号とその画像特徴クラスタが選択された順位とに基づいて、ビジュアルワード識別子を生成する（ステップ S2103）。この作成ルールは、転置行列におけるビジュアルワード識別子の生成ルールと同様である。具体的には、画像特徴クラスタが選択された順位が 1 である場合には画像特徴クラスタのクラスタ番号をビジュアルワード識別子にし、その順位

が 2 から (特徴閾値 - 1) までは、クラスタ番号にハイフンと順位を付加したものをビジュアルワード識別子にし、その順位が特徴閾値である場合には、クラスタ番号に「 - m a n y 」を付加したものをビジュアルワード識別子とする。

【 0 1 0 6 】

次に、画像特徴ベクトル選択部 1 8 3 は、転置行列を用いて、ビジュアルワード識別子に対応する画像特徴ベクトル 2 2 を選択する (ステップ S 2 1 0 4)。画像特徴ベクトル 2 2 の選択は、具体的には、「 1 」のあるセルと、そのセルの画像番号とを取得することにより行われる。また、画像特徴ベクトル選択部 1 8 3 は、選択された画像番号およびセルの数値を用いて、画像のスコアを生成する (ステップ S 2 1 0 5)。そして、そのスコアに基づいて、検索結果となる画像を選択する (ステップ S 2 1 0 6)。

10

【 0 1 0 7 】

ステップ S 2 1 0 4 からステップ S 2 1 0 6 の処理は、公知の全文検索エンジンにより処理してよい。この処理エンジンの例としては、「 S o l r 」がある。上述の転置行列の作成により、あるクエリ特徴ベクトルに対しある画像から選択されるセルの値が 1 に限定される。これにより、クエリ画像から抽出されるクエリ特徴ベクトルと、ある画像について選択される画像特徴ベクトル 2 2 とを 1 対 1 に対応させることができる。よって、検索対象となる画像が有する局所的特徴の数と、クエリ画像が有する局所的特徴の数とが大きく異なる画像が検索結果として選択される可能性を抑えるという効果を生ずる。

【 符号の説明 】

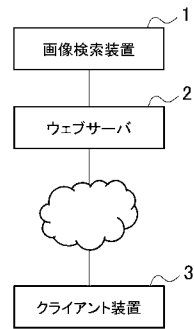
【 0 1 0 8 】

20

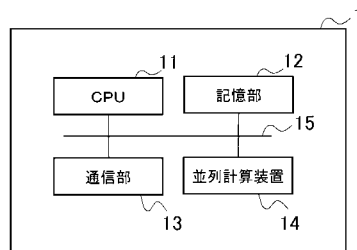
1 画像検索装置、2 ウェブサーバ、3 クライアント装置、1 1 C P U、1 2 記憶部、1 3 通信部、1 4 並列計算装置、1 5 バス、2 2 , 2 2 1 , 2 2 2 , 2 2 3 , 2 2 4 , 2 2 5 画像特徴ベクトル、4 0 並列実行部、4 1 プロセッサ、4 2 命令ユニット、4 3 高速メモリ、4 5 装置内メモリ、5 1 インデックス生成部、5 2 画像検索部、6 1 画像特徴ベクトル抽出部、6 2 クラスタ生成部、7 1 クラスタベクトル格納部、7 2 木構造代表ベクトル格納部、8 1 代表ベクトル転送部、8 2 , 1 8 1 クエリ特徴ベクトル取得部、8 3 上位代表ベクトル距離計算部、8 4 代表クラスタ選択部、8 5 代表特徴ベクトル距離計算部、8 6 , 1 8 2 画像特徴クラスタ選択部、8 7 画像特徴ベクトル転送部、8 8 画像特徴ベクトル距離計算部、8 9 , 1 8 3 画像特徴ベクトル選択部、9 0 , 1 8 4 画像スコア生成部、9 1 , 1 8 5 検索結果画像選択部、1 7 1 クラスタ画像特徴量格納部、1 7 2 代表ベクトル格納部、2 4 1 代表ベクトル、3 2 1 , 3 2 2 , 3 2 4 , 3 2 5 クエリ特徴ベクトル。

30

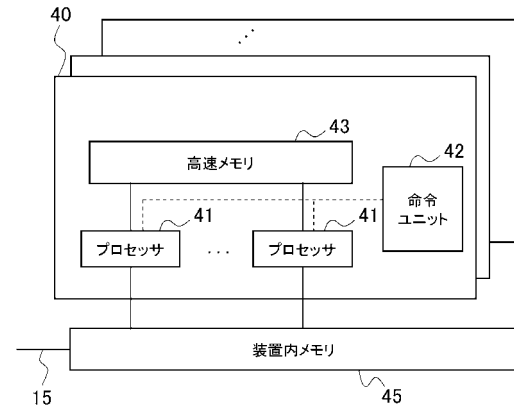
【図 1】



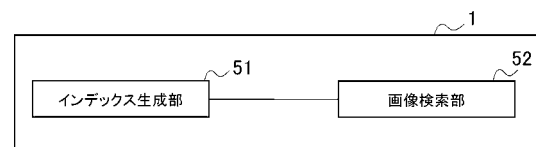
【図 2】



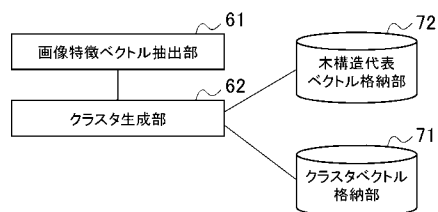
【図 3】



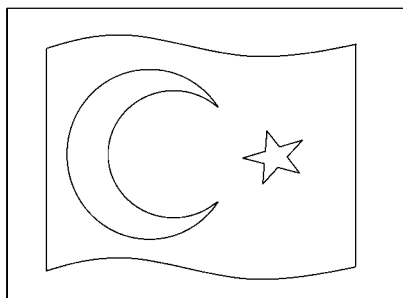
【図 4】



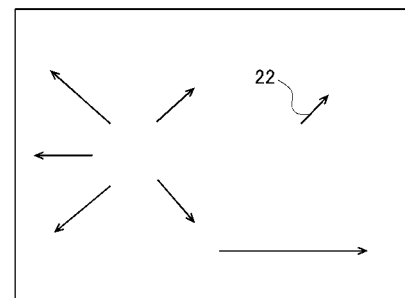
【図 5】



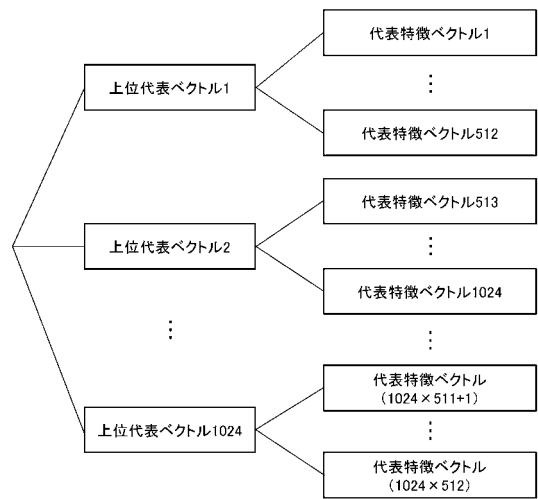
【図 6】



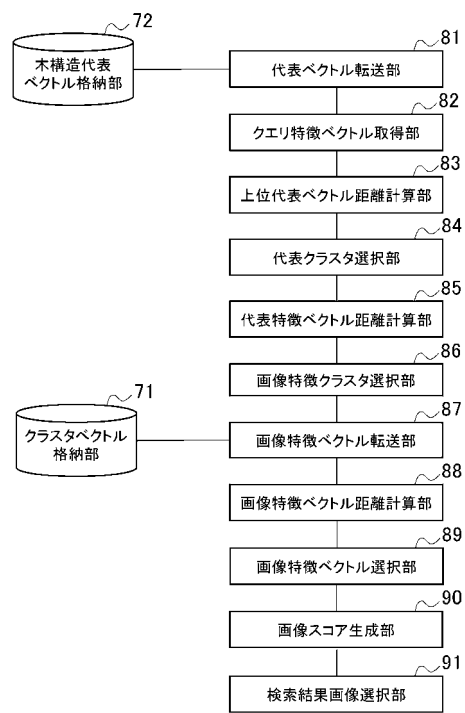
【図 7】



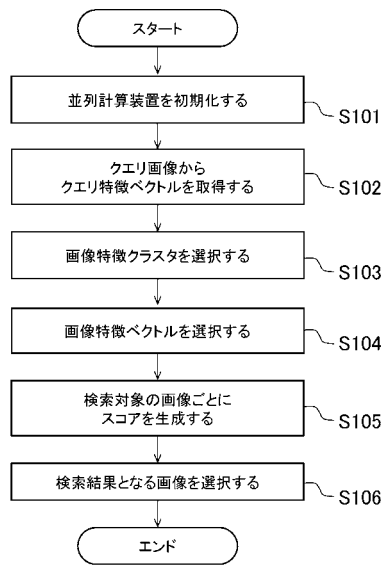
【図 8】



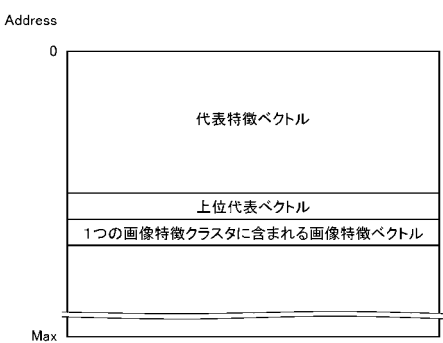
【図 9】



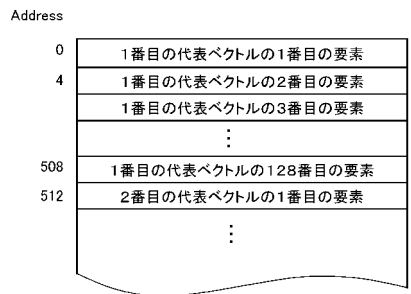
【図 10】



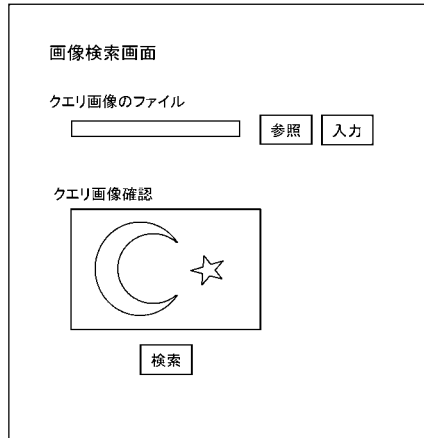
【図 11】



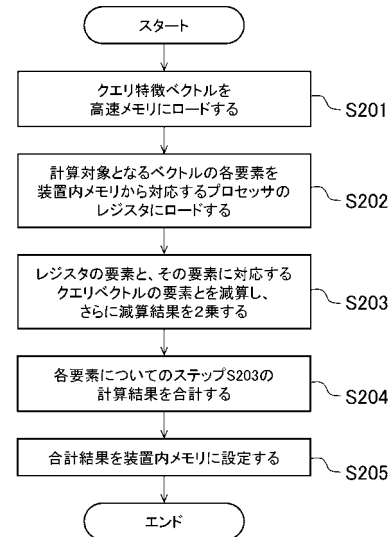
【図 12】



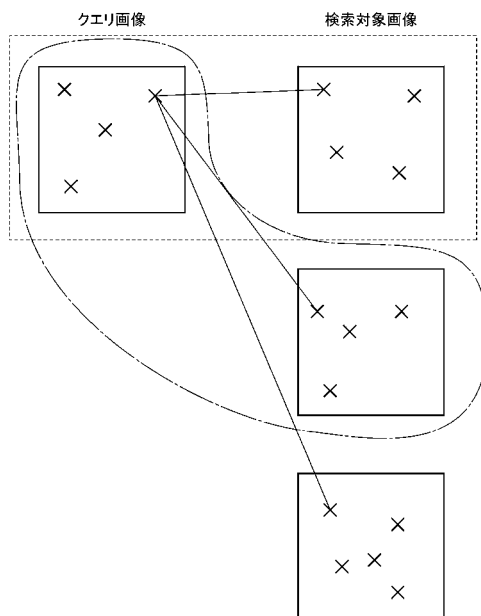
【図 13】



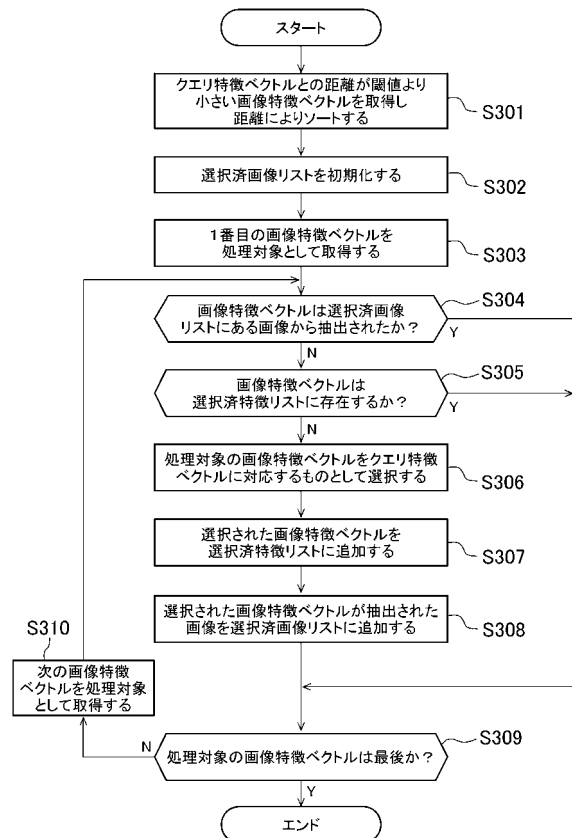
【図 14】



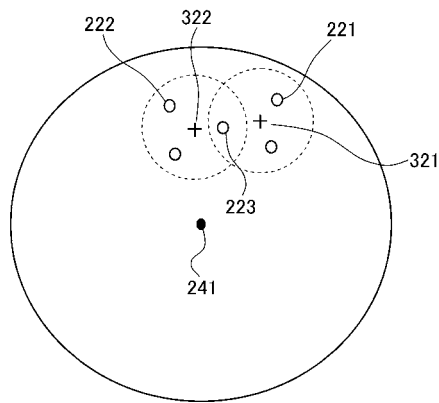
【図 15】



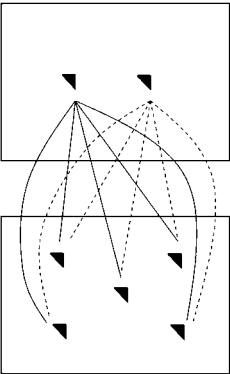
【図 16】



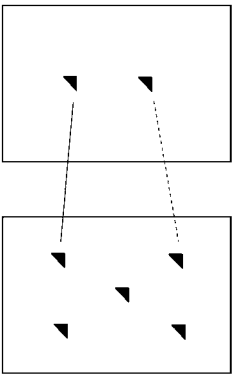
【図 17】



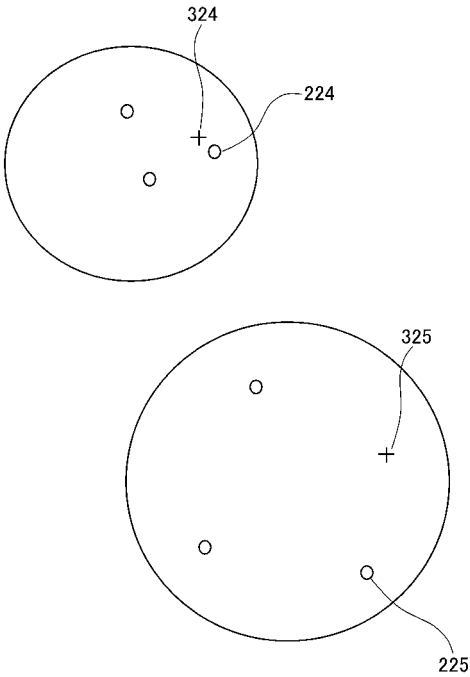
【図 19】



【図 18】



【図 20】



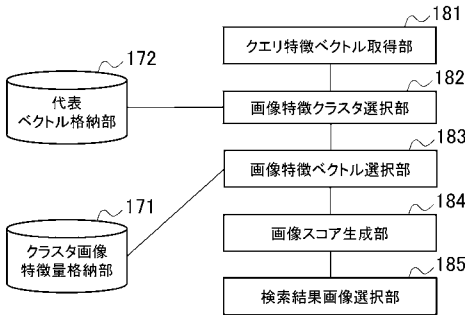
【図 21】

画像	スコア
	35.5
	29.2
	20.3
	10.0

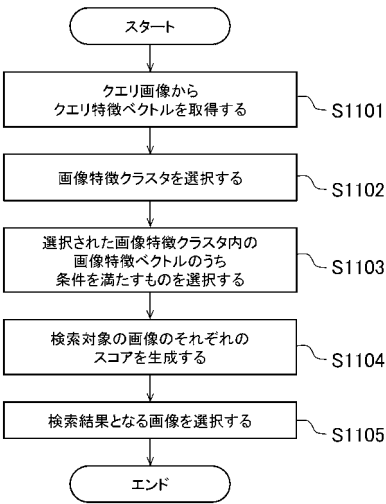
【図 2 2】

クラスタ番号	画像番号
3	3
3	4
3	5
3	7
3	16
3	4
3	4
3	16
⋮	⋮

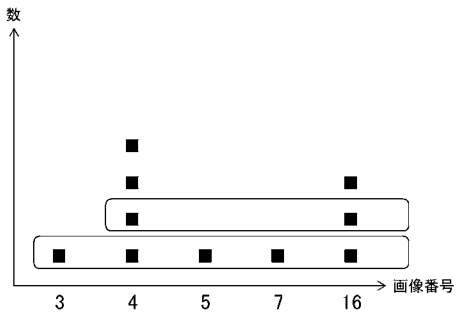
【図 2 3】



【図 2 4】



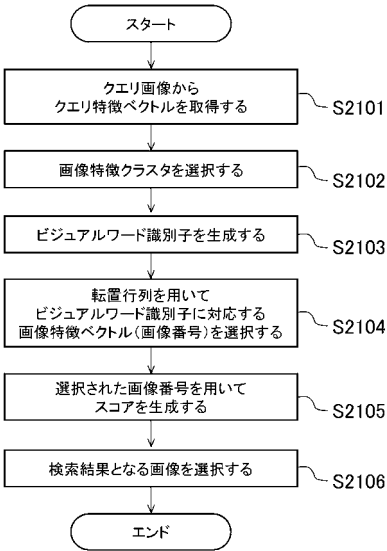
【図 2 5】



【図 2 6】

		画像番号				
		3	4	5	7	16
ビジュアルワード識別子	1	1				
	2					
	3	1	1	1	1	1
	3-2		1			1
	3-many		1			1
	4			1		

【図 2 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2011/021605(WO, A1)

特開2012-033022(JP, A)

特開2010-250637(JP, A)

特開2005-234994(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 17/30